

BILAN 1

Ère	Période/Système	Époque/Série	Étage	Âge (Ma)	Événements majeurs			
C É N O Z O Ï Q U E Tertiaire	Quaternaire	Holocène		0,0117	Agriculture et sédentarisation			
		Pléistocène	Tarantien	0,126	Cycles glaciaires dans l'hémisphère Nord Extinction des mammifères géants évolution de l'homme moderne			
			Ionien	0,781				
			Calabrien	1,806				
			Gélasien	2,58				
	Néogène	Pliocène	Plaisancien	3,600	Abel, Lucy			
			Zancléen	5,333				
		Miocène	Messinien	7,246	Séparation de la lignée humaine et de la lignée des chimpanzés			
			Tortonien	11,62				
			Serravallien	13,82				
			Langhien	15,97				
			Burdigalien	20,44				
			Aquitainien	23,03				
			Paléogène	Oligocène		Chattien	28,1	Isolement du continent antarctique et établissement d'un courant circumpolaire
						Rupélien	33,9	
	Éocène	Priabonien		38,0	Nombreuses nouvelles espèces de petits mammifères Surrection des Alpes Cétartiodactyles, rongeurs...			
		Bartonien		41,3				
		Lutézien		47,8				
	Paléocène	Yprésien	Yprésien	56,0	Premiers périssoactyles, glires, primates...			
			Thanétien	59,2				
Sélandien			61,6					
		Danien	66,0					

Depuis 150 ans, la température moyenne de la Terre a augmenté d'environ 1°C. Les scientifiques ont montré que ce réchauffement est dû à la perturbation du cycle du carbone par les rejets de gaz à effet de serre liés aux activités humaines. Ce réchauffement climatique perturbe les écosystèmes.

Cf. Cours d'Enseignement Scientifique

L'étude du climat est fondée sur l'étude de différents indices climatiques.

Les données préhistoriques

Les peintures rupestres d'animaux variés de la toundra ou d'autres climats froids dans des régions aujourd'hui tempérée apportent des informations sur les climats passés, pouvant être couplées à des datations absolues comme le Carbone 14.

Les données géologiques

Les reconstitutions du passé sont basées sur le **principe d'actualisme** qui postule que dans le passé, les processus chimiques et physiques opéraient de la même façon qu'actuellement. À l'heure actuelle comme dans le passé, la glace façonne les paysages, qui gardent longtemps après le retrait et la fonte des glaciers les traces de leur passage comme les **vallées à fond plat**, les restes de **moraines** ou les **blocs erratiques**.

Les données paléo-écologiques

La végétation du passé peut être utilisée comme indicateur du paléoclimat. Cette paléo-végétation peut être reconstituée en étudiant les grains de pollen (**palynologie**), dont la morphologie est caractéristique de l'espèce. Les grains de pollens résistent à leur piégeage dans certains sédiments et sont représentatifs des peuplements végétaux dont ils sont issus, chaque espèce étant caractéristique de conditions climatiques particulières. Suite à leur **identification** ainsi qu'à leur **dénombrement** dans différents niveaux d'une carotte sédimentaire, on peut établir un **diagramme pollinique** ainsi qu'une répartition de la végétation à différentes, attestant de changements climatiques.

Les données isotopiques

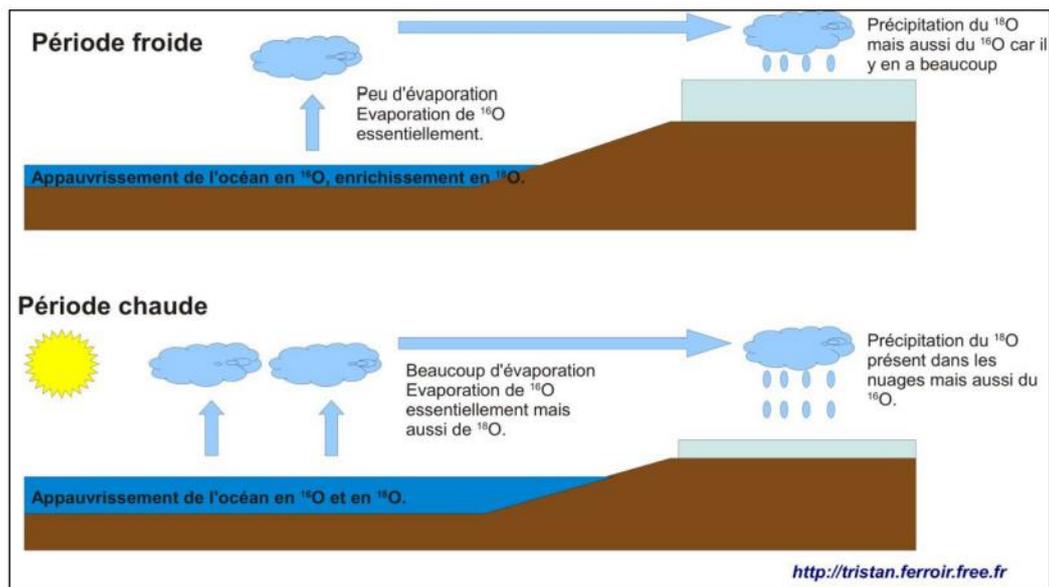
Le **rapport isotopique** $\delta^{18}\text{O}$ dans la glace permet de retrouver la **paléo-température** de l'atmosphère au moment de la formation de cette glace.

En **période froide**, l'évaporation est faible. Il y a donc essentiellement du ^{16}O qui part dans les nuages. Le rapport entre le ^{16}O et le ^{18}O est donc très fort : il y a beaucoup de ^{16}O par rapport au ^{18}O . Ainsi, le $\delta^{18}\text{O}$ des nuages est très faible. Quand le nuage arrive aux pôles, il n'a quasiment que du ^{16}O à précipiter, le $\delta^{18}\text{O}$ des glaces est donc très faible (très négatif).

En **période chaude**, l'évaporation est forte. Il y a donc toujours essentiellement du ^{16}O qui part dans les nuages mais aussi du ^{18}O . Donc, le nuage est plus chargé en ^{18}O qu'en ^{16}O pendant une période chaude que pendant une période froide. Ainsi, le $\delta^{18}\text{O}$ du nuage en période chaude est plus élevé qu'en période froide. En arrivant au pôle, le nuage donne en précipitation du ^{16}O mais aussi du ^{18}O puisqu'il en contient.

Ainsi, le $\delta^{18}\text{O}$ de la glace sera donc plus élevé pendant la période chaude que pendant la période froide. Il en va de même pour le $\delta^{18}\text{O}$ de l'atmosphère au-dessus des pôles.

Cette corrélation s'inverse lorsque l'on étudie le rapport isotopique $\delta^{18}\text{O}$ dans les sédiments océaniques carbonatés comme ceux contenant des foraminifères.



Durant le Quaternaire, la Terre a oscillé entre des **périodes glaciaires** et **interglaciaires**. La **théorie astronomique du climat** est le modèle actuellement admis pour expliquer les cycles glaciaires et interglaciaires.

Ce modèle repose sur les variations périodiques de **trois paramètres orbitaux** de la Terre (appelés paramètres de Milankovic) :

- l'**obliquité** ou inclinaison de l'axe de rotation de la Terre avec une périodicité de 40.000 ans
- l'**excentricité** de l'orbite de la Terre avec une périodicité de 100.000 ans
- la **précession des équinoxes** avec une périodicité de 20.000 ans

Les périodes de ces paramètres orbitaux coïncident avec les variations climatiques reconstituées à partir des thermomètres isotopiques.

En modifiant la puissance solaire reçue à la surface de la Terre, ou **insolation**, ces variations astronomiques modifient l'équilibre thermique de la planète et donc son climat.

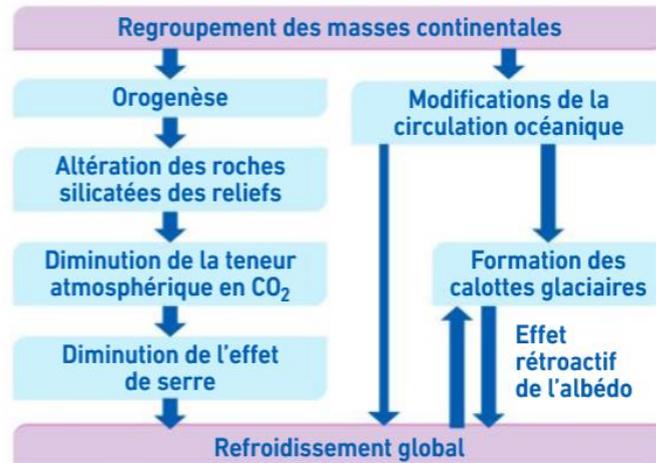
Aux paramètres orbitaux j'ajoute les **boucles de RÉTROACTIONS positives** et **négatives**.

- L'**ALBÉDO** correspond au rapport entre l'énergie réfléchie et l'énergie reçue. L'énergie solaire est réfléchie au niveau des nuages et au niveau du sol notamment par la glace. Une variation importante de l'albédo peut être à l'origine d'une rétroaction positive sur la température de surface car la neige et la glace ont un albédo supérieur à celui de la végétation ou de l'eau. Par conséquent, lors d'une période glaciaire, l'albédo moyen de la Terre va augmenter. La quantité d'énergie solaire absorbée par la Terre va donc diminuer et renforcer ainsi le refroidissement initial. Le phénomène inverse se produit lors des périodes de réchauffement. On est en présence d'un **mécanisme amplificateur** ou encore d'une **rétroaction positive**.
- La **variation de la solubilité du CO_2** en fonction de la température de l'eau représente un autre mécanisme amplificateur car lors d'une entrée en glaciation, le refroidissement de l'océan entraîne une augmentation de la solubilité du CO_2 dans les eaux océaniques. Cela provoque une diminution de sa teneur atmosphérique, donc la baisse de l'effet de serre et ainsi de la température, ce qui augmente en retour la solubilité du CO_2 . Cette boucle amplifie le refroidissement. Le phénomène inverse se produit en sortie de glaciation.

Une autre cause des variations climatiques est liée à la géodynamique interne déplaçant les lithosphères à la surface de la Terre. Deux liens existaient entre **tectonique des plaques**, le **cycle géochimique du carbone** et la **circulation océanique** :

- L'**altération des roches silicatées** au moment de l'orogénèse qui est un mécanisme de piégeage du CO_2 atmosphérique ce qui diminue donc l'effet de serre et provoque ainsi un refroidissement global.

- La fermeture d'un vaste domaine océanique centré sur l'équateur aurait provoqué durant le Cénozoïque la disparition d'un courant chaud intertropical. À l'inverse, l'isolement du continent Antarctique aurait permis la formation d'un courant froid circumpolaire, favorisant la formation de la calotte polaire. Ces deux modèles ne s'excluent pas l'un l'autre et ont pu concourir au même effet climatique.



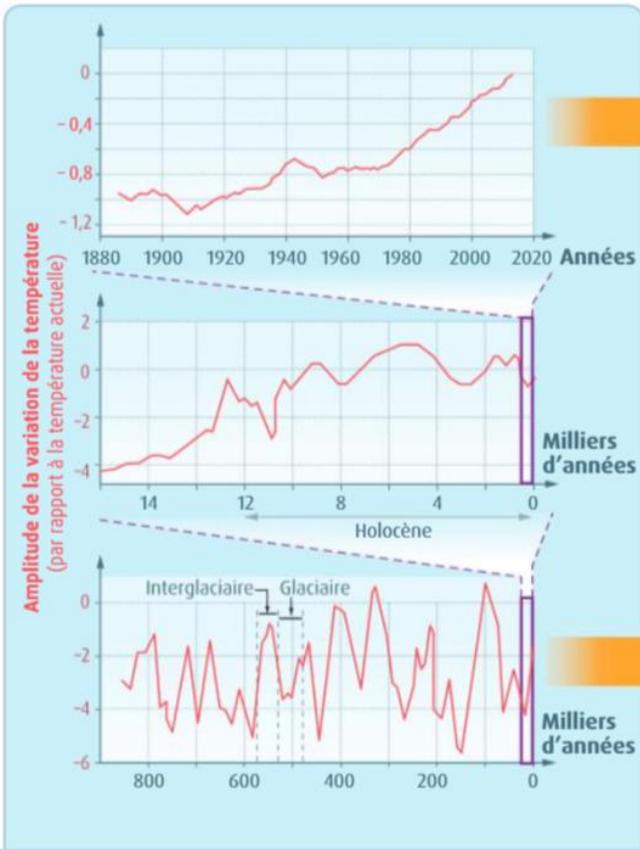
@Bordas

Après une **période chaude**, durant le paléocène, les 50 derniers millions d'années sont marqués par un **refroidissement progressif** aboutissant aux glaciations du Quaternaire. Deux modèles expliquent ce refroidissement : l'altération des roches formant les reliefs lors de l'orogénèse alpine et la modification des courants océaniques.

Les données isotopiques issues des glaces, ainsi que les marqueurs géologiques montrent que le climat a oscillé au cours des 800 000 dernières années entre des **périodes glaciaires** et des **périodes interglaciaires**. Les paramètres orbitaux de la Terre varient de façon cyclique (**CYCLES DE MILANKOVIC**) associés à des rétroactions principalement positives, ils expliquent ces alternances de période glaciaires et interglaciaires.

Les rapports isotopiques dans les glaces et les données de palynologie montrent de façon concordante que le climat s'est ensuite réchauffé au début de l'Holocène, il y a environ 12 000 ans.

Depuis 150 ans, la température moyenne de la Terre a augmenté d'environ 1 °C.



Réchauffement accéléré depuis 150 ans

- Émissions anthropiques de gaz à effet de serre

Alternances de périodes glaciaires et interglaciaires depuis 1,7 Ma

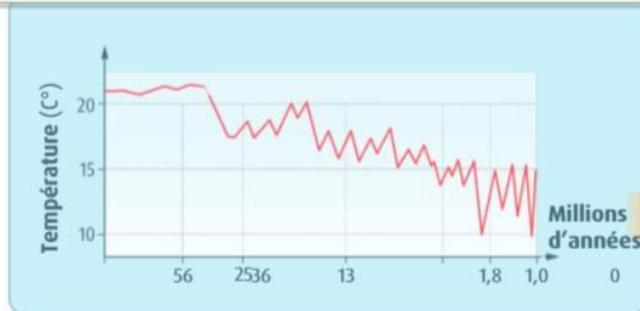
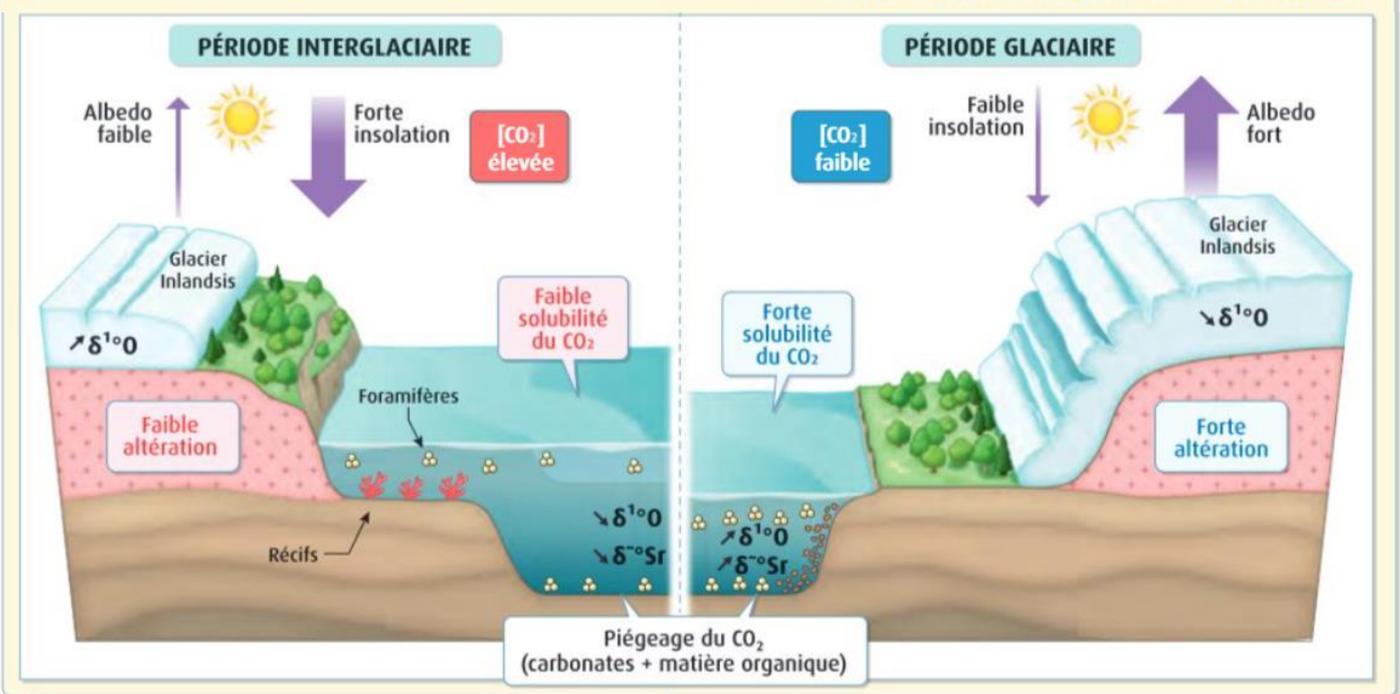
• Les indices climatiques



• Des alternances liées aux variations de l'orbite terrestre



• Des rétroactions liées au CO_2 et à l'albedo



Refroidissement global à l'échelle de tout le Cénozoïque

- Altération de la chaîne alpine $\sim ^{87}\text{Sr}$
- Position des continents

Lexique

ALBÉDO : proportion de lumière renvoyée par un corps qui est éclairé.

CYCLES DE MILANKOVIC : variations cycliques de trois paramètres orbitaux de la Terre : excentricité, inclinaison de l'axe de rotation et précession.

RÉTROACTION : action en retour d'un système suite à la modification d'un paramètre.

Pour réussir

Notions	<i>Mots clés</i> : effet de serre, gaz à effet de serre, cycle du carbone, cycles de Milankovitch, albédo, principe d'actualisme, rapports isotopiques $\delta^{18}\text{O}$, tectonique des plaques, circulation océanique
	Définir les mots du lexique
	Savoir confronter une diversité d'indices sur le dernier maximum glaciaire et sur le réchauffement de l'Holocène
	Comprendre et utiliser le concept de thermomètre isotopique O dans les glaces et dans les carbonates des sédiments océaniques pour reconstituer indirectement des variations de températures
	Mettre en relation les variations temporelles des paramètres orbitaux définis par Milankovitch avec les variations cycliques des températures au Quaternaire
	Expliquer le rôle de la géodynamique interne et la tectonique des plaques sur le climat
Méthode	Exploiter des informations de documents
ECE	Utiliser un tableur
	Reconnaître des grains de pollens à l'aide d'une clé de détermination
	Construction et utilisation des diagrammes polliniques